·论著·

不同性别老年人群身体圆度指数与体质量正常代谢异常表型的相关性研究：以三酰甘油葡萄糖乘积指数为潜在影响因素

傅方琳[1,2]，潘姚佳[1,2]，韩正[1,2]，孙梦[1,2]，顾怀聪[1]，王为强[1*]

1.234000 安徽省宿州市，安徽医科大学附属宿州医院（安徽省宿州市立医院）全科医学科
2.230000 安徽省合肥市，安徽医科大学
*通信作者：王为强，主任医师；E-mail：wwq007@126.com

【摘要】 **背景** 身体圆度指数（BRI）是一种衡量中心性肥胖的简易指标，与心血管疾病密切相关。体质量正常代谢异常（MONW）人群患心血管疾病的风险较高且与中心性肥胖显著相关。三酰甘油葡萄糖乘积（TyG）指数是反映胰岛素抵抗的指标。目前在不同性别老年人群中 BRI、TyG 指数和 MONW 表型的关系研究较为有限。**目的** 探讨老年人群 BRI 与 MONW 表型患病风险在不同性别中的差异，探究 TyG 指数作为其不同性别中差异的潜在因素。**方法** 选取 2017-07-01—2021-06-30 在安徽省 10 个市县区体检的≥ 60 岁的常住居民为研究对象。采用统一的调查表收集研究对象的性别、年龄、疾病史等资料，收集体格检查和实验室检查资料，并计算 BRI、TyG 指数。将根据代谢状态和 BMI 水平分别将男性和女性分为体质量正常代谢正常（MHNW）表型和 MONW 表型：男性 MHNW 表型（n=5 384）、男性 MONW 表型（n=6 251）；女性 MHNW 表型（n=4 498）、女性 MONW 表型（n=8 264）。根据 BRI 四分位数分别将男性和女性分为 4 个水平，即男性：M1、M2、M3、M4，女性：F1、F2、F3、F4。采用 Logistic 回归分析分别探讨 BRI 四分位水平与 TyG 指数升高风险以及 MONW 表型患病风险的关系，采用 R（version 4.1.1）软件中的 Z 检验比较男性和女性 OR 值之间的差异。**结果** 本研究共纳入 24 397 例调查对象，其中男 11 635 例（47.7%）、女 12 762 例（52.3%），中位年龄 67（64，70）岁，MHNW 表型 9 882 例（40.5%）、MONW 表型 14 515 例（59.5%）。不同性别 MONW 表型老年人群高血压、糖尿病、血脂异常、收缩压、舒张压、TyG 指数、BRI、空腹血糖（FPG）、总胆固醇（TC）、三酰甘油（TG）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）高于 MHNW 表型，吸烟、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）低于 MHNW 表型（P<0.05）；不同性别高水平 BRI 老年人群 MONW 表型患病、高血压、糖尿病、血脂异常、TyG 指数、FPG、TG 高于低水平 BRI，HDL-C 低于低水平 BRI（P<0.05）。单因素 Logistic 回归分析结果显示，与 BRI M1/F1 水平相比，不同性别老年人群 BRI M2/F2、M3/F3、M4/F4 水平 TyG 指数升高风险均增加（P<0.05）；且 TyG 指数升高风险随着 BRI 水平升高而增加（男性 $P_{趋势}$<0.001，女性 $P_{趋势}$<0.001）；老年男性 BRI M2、M3、M4 水平 TyG 指数升高风险高于老年女性 BRI F2、F3、F4 水平（P<0.05）。校正混杂因素后进行多因素 Logistic 回归分析结果显示，与 BRI M1/F1 水平相比，不同性别老年人群 BRI M2/F2、M3/F3、M4/F4 水平 MONW 表型患病风险均增加（P<0.05）；且 MONW 表型患病风险随着 BRI 水平升高而增加（男性 $P_{趋势}$<0.001，女性 $P_{趋势}$<0.001）；老年男性 BRI M2、M4 水平 MONW 表型患病风险高于老年女性 BRI F2、F4 水平（P<0.05）。**结论** 在不同性别老年人群中，BRI 水平与 MONW 表型患病风险呈显著正相关，其中老年男性高水平 BRI 与 MONW 表型患病风险关联更为密切，TyG 指数是引起其性别差异的潜在因素。

【关键词】 身体圆度指数；体质量正常代谢异常表型；三酰甘油葡萄糖乘积指数；性别；老年人；中心性肥胖；相关性研究

【中图分类号】 R 589 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0034

基金项目：2021 年度安徽省科技创新战略与软科学研究专项计划项目（202106f050042）

引用本文：傅方琳，潘姚佳，韩正，等．不同性别老年人群身体圆度指数与体质量正常代谢异常表型的相关性研究：以三酰甘油葡萄糖乘积指数为潜在影响因素［J］．中国全科医学，2024. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0034.［Epub ahead of print］．［www.chinagp.net］

FU F L，2，PAN Y J，2，HAN Z，et al. Study on the correlation between body roundness index and metabolically obese normal weight phenotype in an elderly population of different genders：triglyceride glucose index as a potential influencing factor［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.



Study on the Correlation between Body Roundness Index and Metabolically Obese Normal Weight Phenotype in an Elderly Population of Different Genders: Triglyceride Glucose Index as a Potential Influencing Factor

FU Fanglin[1, 2], *PAN Yaojia*[1, 2], *HAN Zheng*[1, 2], *SUN Meng*[1, 2], *GU Huaicong*[1], *WANG Weiqiang*[1*]

1.Department of General Medicine, Suzhou Hospital Affiliated to Anhui Medical University (Suzhou Municipal Hospital of Anhui Province), Suzhou 234000, China

2.Anhui Medical University, Hefei 230000, China

[*]Corresponding author: WANG Weiqiang, Chief physician; E-mail: wwq007@126.com

【**Abstract**】 **Background** Body roundness index (BRI) is a simple measure of central obesity and is strongly associated with cardiovascular disease. People with metabolically obese normal weight (MONW) have a higher risk of cardiovascular disease and are significantly associated with central obesity. The triglyceride glucose (TyG) index is an indicator of insulin resistance. There are limited studies on the relationship between BRI, TyG index and MONW phenotypes in gender-specific elderly populations. **Objective** To explore differences in the risk of prevalence of the BRI and MONW phenotypes in the elderly population by gender, and to explore the TyG index as a potential factor in their differences by gender. **Methods** Permanent residents ≥ 60 years of age who underwent physical examination in 10 cities and counties in Anhui Province from 2017-07-01 to 2021-06-30 were selected as study subjects. A unified questionnaire was used to collect information on gender, age, and disease history of the study subjects, collect information on physical examination and laboratory tests, and calculate BRI and TyG indices. Men and women will be classified into metabolically healthy normal weight (MHNW) phenotype and MONW phenotype according to metabolic status and BMI level, respectively: male MHNW phenotype (n=5 384), male MONW phenotype (n=6 251); female MHNW phenotype (n=4 498), female MONW phenotype (n=8 264). Males and females were divided into 4 levels according to BRI quartiles, males: M1, M2, M3, and M4, and females: F1, F2, F3, and F4, respectively.Logistic regression analyses were performed to explore the association between BRI quartile levels and the risk of elevated TyG index and the risk of prevalence of MONW phenotypes respectively, using the Z test was used to compare the differences between the OR value of male and female. **Results** A total of 24 397 investigators were included in this study, including 11 635 (47.7%) males and 12 762 (52.3%) females, with a median age of 67 (64, 70) years, and 9 882 (40.5%) with MHNW phenotype and 14 515 (59.5%) with MONW phenotype. Hypertension, diabetes mellitus, dyslipidaemia, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, TyG index, BRI, fasting glucose (FPG), total cholesterol (TC), triglyceride (TG), and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in the elderly population of different genders with MONW phenotype were higher than in the MHNW phenotype, and smoking and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) were lower than in the MHNW phenotype (P<0.05); prevalence of MONW phenotype, hypertension, diabetes mellitus, dyslipidaemia, TyG index, FPG, and TG were higher than those of low level BRI, and HDL-C was lower than those of low level BRI in the elderly population of different genders with high level BRI (P<0.05). The results of univariate logistic regression analysis showed that the risk of elevated TyG index was increased at BRI M2/F2, M3/F3, and M4/F4 levels in elderly populations of different genders compared with BRI M1/F1 levels (P<0.05); and the risk of elevated TyG index increased with increasing BRI levels (P_{trend}<0.001 for male, P_{trend}<0.001 for female); and the risk of elevated TyG index was higher at BRI M2, M3, and M4 levels in older men than at BRI F2, F3, and F4 levels in older women (P<0.05). Multifactorial Logistic regression analyses after correction for confounders showed that the risk of MONW phenotype prevalence was increased at the BRI M2/F2, M3/F3, and M4/F4 levels in the elderly population of different genders compared with the BRI M1/F1 level (P<0.05); and the risk of MONW phenotype prevalence increased with the increase of the BRI level (P_{trend}<0.001 for male, P_{trend}<0.001 for female); and the risk of the MONW phenotype was higher in older men than in older women at BRI levels M2 and M4 (P<0.05). **Conclusion** BRI levels were significantly and positively associated with the risk of the MONW phenotype in older adults of different genders, with high levels of BRI more strongly associated with the risk of the MONW phenotype in older men, with the TyG index being a potential factor contributing to the gender difference.

【**Key words**】 Body roundness index; Metabolically obese normal weight phenotype; Triglyceride glucose index; Gender; Aged; Central obesity; Correlation studies

肥胖是代谢性疾病的重要危险因素[1-2]，但相关研究揭示一些BMI正常的个体仍然具有不利的心脏代谢特征，这些个体被称为体质量正常代谢异常（metabolically obese normal weight，MONW）人群[3-4]。该人群的特征

包括高甘油三酯血症、高血糖、血压升高以及高密度脂蛋白胆固醇降低[5]。研究显示全球MONW表型总体患病率为30%，一项意大利的研究显示，MONW表型的患病率为35%，我国研究显示MONW表型的患病率为34.1%[3，6]。由于该人群缺乏明显的肥胖迹象，在健康体检中容易被忽略。既往研究显示三酰甘油葡萄糖乘积（triglyceride glucose，TyG）指数作为代表胰岛素抵抗的有效指标在筛查MONW表型高风险受试者中具有较高的敏感性和特异性，是一种筛选高风险MONW表型的有效工具[7]。身体圆度指数（body roundness index，BRI）联合身高和腰围是识别中心性肥胖的有效指标且与胰岛素抵抗相关。WU等[8]的研究显示BRI与T2DM发病率之间存在正向且非线性的关系，BRI可作为T2DM早期检测和预后的预测因子。研究显示BRI是冠状动脉疾病、颈动脉粥样硬化的潜在风险因素，BRI升高与心血管疾病风险增加相关[9-10]。但是，目前BRI、TyG指数和MONW表型三者之间的关系研究较为有限。因此，本研究旨在分析不同性别老年人群中BRI与MONW表型的关系，探究男性和女性中BRI与MONW表型的关系是否存在差异，评估其差异与TyG指数的相关性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

研究基于心血管病高危人群早期筛查与综合干预项目，采用多阶整群抽样方法，于2017-07-01—2021-06-30选取安徽省10个市县区58 962例≥60岁的常住居民为研究对象。纳入标准：（1）调查前1年在该地居住超过6个月；（2）60岁≤年龄<75岁；（3）18.5 kg/m^2 ≤ BMI<24.0 kg/m^2；（4）自愿参与研究并签署知情同意书。排除标准：（1）一般资料存在缺失者；（2）患有恶性肿瘤、严重心脏、肝脏、肾脏、脑部以及造血系统疾病者。最终共纳入24 397例研究对象。本研究经宿州市立医院伦理委员会批准（A2022033）。

1.2 研究方法

1.2.1 采用统一的调查表，调查内容包括：性别、年龄、文化程度、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病、血脂异常史。

1.2.2 体格检查：由专业医师负责，测量身高、体质量、腰围、血压，计算BMI。

1.2.3 实验室检查：抽取受试者空腹静脉血检测空腹血糖（FPG）、总胆固醇（TC）、三酰甘油（TG）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C），采用Beckman全自动生化分析仪测定。

1.3 诊断标准及相关定义

1.3.1 BMI：18.5 kg/m^2 ≤ BMI<24.0 kg/m^2 为体质量正常；BMI ≥ 24.0 kg/m^2 为超重/肥胖[11]。

1.3.2 符合以下2项及以上者定义为代谢异常：（1）收缩压（SBP）≥ 130 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）或舒张压（DBP）≥ 85 mmHg或有高血压病史或接受降压治疗；（2）TG ≥ 1.7 mmol/L；（3）男性HDL-C<1.04 mmol/L或女性HDL-C<1.29 mmol/L；（4）FPG ≥ 5.6 mmol/L或有糖尿病病史或接受降糖治疗[12]。

1.3.3 吸烟定义为在调查时有吸烟行为；饮酒定义为在调查时饮酒≥1次/周。

1.3.4 疾病史：高血压定义为SBP ≥ 140 mmHg和/或DBP ≥ 90 mmHg或已确诊为高血压或近2周服用降压药物者[13]。糖尿病定义为已确诊为糖尿病或近2周内使用降糖药物者[14]。血脂异常定义为符合以下任1项或已确诊为血脂异常或近2周服用降脂药物者[15]：（1）TC ≥ 6.2 mmol/L；（2）TG ≥ 2.3 mmol/L；（3）LDL-C ≥ 4.1 mmol/L；（4）HDL-C<1.0 mmol/L。

1.4 指标计算

BRI=364.2-365.5×{1-［腰围（cm）/2π］^{2}/［0.5×身高（cm）］^{2}}$^{0.5}$[10]；TyG指数=ln［TG（mmol/L）×FPG（mmol/L）/2］[16]。

1.5 分组

根据代谢状态和BMI水平分别将男性和女性分为体质量正常代谢正常（metabolically healthy normal weight，MHNW）表型和MONW表型：男性MHNW表型（n=5 384）、男性MONW表型（n=6 251）；女性MHNW表型（n=4 498）、女性MONW表型（n=8 264）。根据BRI四分位数分别将男性和女性分为4个水平，即男性：M1（BRI ≤ 2.637 2）、M2（2.637 3 ≤ BRI ≤ 3.091 8）、M3（3.091 9 ≤ BRI ≤ 3.584 8）、M4（BRI ≥ 3.584 9），女性：F1（BRI ≤ 3.009 6）、F2（3.009 7 ≤ BRI ≤ 3.527 3）、F3（3.527 0 ≤ BRI ≤ 4.070 8）、F4（BRI ≥ 4.070 9）。

1.6 统计学方法

采用SPSS 25.0和R（version 4.1.1）软件进行数据分析。偏态分布的计量资料以M（P_{25}，P_{75}）表示，两组间比较采用秩和检验，BRI四分位水平间比较采用趋势Kruskal-Wallis H秩和检验；计数资料采用频数及百分比表示，两组间比较采用χ^2检验，BRI四分位水平间比较采用趋势χ^2检验。采用Logistic回归分析分别探讨BRI四分位水平与TyG指数升高风险以及MONW表型患病风险的关系，采用R（version 4.1.1）软件中的Z检验比较男性和女性OR值之间的差异。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同性别MONW表型与MHNW表型老年人群一般情况

本研究共纳入 24 397 例调查对象，其中男 11 635 例（47.7%）、女 12 762 例（52.3%），中位年龄 67（64，70）岁，MHNW 表型 9 882 例（40.5%）、MONW 表型 14 515 例（59.5%）。

MONW 表型与 MHNW 表型老年男性年龄、吸烟、饮酒、文化程度、高血压、糖尿病、血脂异常、SBP、DBP、TyG 指数、BRI、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C 比较，差异有统计学意义（P<0.05）；其中 MONW 表型老年男性吸烟、文化程度、HDL-C 低于 MHNW 表型，而饮酒、高血压、糖尿病、血脂异常、SBP、DBP、TyG 指数、BRI、FPG、TC、TG、LDL-C 高于 MHNW 表型，差异有统计学意义（P<0.05），见表 1。

MONW 表型与 MHNW 表型老年女性年龄、吸烟、高血压、糖尿病、血脂异常患病、SBP、DBP、TyG 指数、BRI、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C 比较，差异有统计学意义（P<0.05）；其中 MONW 表型老年女性年龄、高血压、糖尿病、血脂异常、SBP、DBP、TyG 指数、BRI、FPG、TC、TG、LDL-C 高于 MHNW 表型，而吸烟、HDL-C 低于 MHNW 表型，差异有统计学意义（P<0.05）。MONW 表型与 MHNW 表型老年女性饮酒、文化程度比较，差异无统计学意义（P>0.05），见表 2。

表 1 MONW 表型与 MHNW 表型老年男性一般情况比较

Table 1 Comparison of general conditions in older men with MONW phenotype and MHNW phenotype

变量	MHNW 表型（n=5 384）	MONW 表型（n=6 251）	Z（χ^2）值	P 值
年龄［M（P_{25}，P_{75}），岁］	67（64，70）	67（64，70）	-2.607	0.009
吸烟［例（%）］	2 745（51.0）	2 882（46.1）	27.581[a]	<0.001
饮酒［例（%）］	1 676（31.1）	2 161（34.6）	15.498[a]	<0.001
文化程度［例（%）］			7.375[a]	0.025
小学及以下	3 926（72.9）	4 424（70.8）		
初中及高中	1 092（20.3）	1 393（22.3）		
大学及以上	366（6.8）	434（6.9）		
疾病史［例（%）］				
高血压	1 838（34.1）	4 580（73.3）	1 790.697[a]	<0.001
糖尿病	285（5.3）	1 661（26.6）	940.313[a]	<0.001
血脂异常	371（6.9）	1 595（25.5）	714.586[a]	<0.001
SBP［M（P_{25}，P_{75}），mmHg］	128（120，142）	143（134，156）	-42.279	<0.001
DBP［M（P_{25}，P_{75}），mmHg］	77（71，83）	82（75，88）	-27.586	<0.001
TyG 指数［M（P_{25}，P_{75}）］	8.32（8.09，8.57）	8.72（8.40，9.08）	-47.895	<0.001
BRI［M（P_{25}，P_{75}）］	3.00（2.52，3.47）	3.19（2.75，3.67）	-15.467	<0.001
FPG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	5.20（4.83，5.50）	6.20（5.70，6.90）	-59.820	<0.001
TC［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	4.27（3.72，4.85）	4.32（3.72，4.99）	-3.610	<0.001
TG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	0.96（0.79，1.23）	1.17（0.87，1.76）	-27.344	<0.001
HDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.58（1.33，1.87）	1.47（1.19，1.81）	-14.471	<0.001
LDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	2.21（1.73，2.74）	2.22（1.73，2.82）	-2.157	0.031

注：[a] 表示 χ^2 值；MHNW= 体质量正常代谢正常，MONW= 体质量正常代谢异常，SBP= 收缩压，DBP= 舒张压，TyG= 三酰甘油葡萄糖乘积，BRI= 身体圆度指数，FPG= 空腹血糖，TC= 总胆固醇，HDL-C= 高密度脂蛋白胆固醇，TG= 三酰甘油，LDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇。

2.2 不同性别 BRI 四分位组老年人群不同特征比较

不同性别 BRI 四分位水平老年人群 MONW 表型患病、高血压、糖尿病、血脂异常、TyG 指数、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C 比较，差异均有统计学意义（P<0.05）；且高水平 BRI 老年人群 MONW 表型患病、高血压、糖尿病、血脂异常、TyG 指数、FPG、TG 高于低水平 BRI，而 HDL-C 低于低水平 BRI，差异有统计学意义（P<0.05），见表 3、4。

2.3 不同性别老年人群 BRI 与 TyG 指数相关性的单因素 Logistic 回归分析

表 2 MONW 表型与 MHNW 表型老年女性一般情况比较

Table 2 Comparison of general conditions in older women with MONW phenotype and MHNW phenotype

变量	MHNW 表型（n=4 498）	MONW 表型（n=8 264）	Z（χ^2）值	P 值
年龄［M（P_{25}，P_{75}），岁］	66（63，69）	67（64，70）	-6.039	<0.001
吸烟［例（%）］	130（2.9）	185（2.2）	5.136[a]	0.027
饮酒［例（%）］	184（4.1）	352（4.3）	0.206[a]	0.678
文化程度［例（%）］			1.279[a]	0.528
小学及以下	3 814（84.8）	7 061（85.5）		
初中及高中	534（11.9）	926（11.2）		
大学及以上	150（3.3）	274（3.3）		
疾病史［例（%）］				
高血压	1 424（31.7）	5 838（70.6）	1 805.136[a]	<0.001
糖尿病	296（6.6）	2 404（29.1）	884.719[a]	<0.001
血脂异常	513（11.4）	2 739（33.1）	724.877[a]	<0.001
SBP［M（P_{25}，P_{75}），mmHg］	128（119，141）	143（133，157）	-42.012	<0.001
DBP［M（P_{25}，P_{75}），mmHg］	74（68，80）	79（72，85）	-24.669	<0.001
TyG 指数［M（P_{25}，P_{75}）］	8.47（8.25，8.70）	8.94（8.63，9.28）	-55.995	<0.001
BRI［M（P_{25}，P_{75}）］	3.40（2.88，3.93）	3.59（3.10，4.13）	-13.316	<0.001
FPG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	5.30（4.90，5.60）	6.17（5.60，6.90）	-53.610	<0.001
TC［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	4.73（4.11，5.37）	4.82（4.12，5.52）	-4.431	<0.001
TG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.12（0.91，1.40）	1.54（1.10，2.11）	-39.897	<0.001
HDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.72（1.49，2.01）	1.48（1.22，1.80）	-31.897	<0.001
LDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	2.48（1.96，3.05）	2.54（2.01，3.17）	-4.924	<0.001

注：[a] 表示 χ^2 值。

以 TyG 指数是否升高(赋值:否 =0,是 =1)为因变量，分别以不同性别 BRI 四分位水平［赋值(男性 / 女性)：M1/F1=1，M2/F2=2，M3/F3=3，M4/F4=4］为自变量进行单因素 Logistic 回归分析，结果显示，与 BRI M1/F1 水平相比，BRI M2/F2、M3/F3、M4/F4 水平 TyG 指数升高风险均增加（P<0.05）；且 TyG 指数升高风险随着 BRI 水平升高而增加（男性 $P_{趋势}$<0.001，女性 $P_{趋势}$<0.001）。老年男性 BRI M2、M3、M4 水平 TyG 指数升高风险高于老年女性 BRI F2、F3、F4 水平，差异均有统计学意义（P<0.05），见表 5。

2.3 不同性别老年人群 BRI 与 MONW 表型相关性的多因素 Logistic 回归分析

以有无 MONW 表型患病风险（赋值：无 =0，有 =1）为因变量，分别以不同性别 BRI 四分位水平［赋值（男性 / 女性）：M1/F1=1，M2/F2=2，M3/F3=3，M4/F4=4］为自变量，校正年龄（赋值：实测值）、文化程度（赋值：小学及以下 =1，初中及高中 =2，大学及以上 =3）、吸烟（赋值：否 =0，是 =1）、饮酒（赋值：否 =0，是 =1）后进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示，与 BRI M1/F1 水平相比，BRI M2/F2、M3/F3、M4/F4 水平 MONW 表型患病风险均增加（P<0.05）；且 MONW 表型患病风险随着 BRI 水平升高而增加（男性 $P_{趋势}$<0.001，女性 $P_{趋势}$<0.001）。老年男性 BRI M2、M4 水平 MONW 表型患病风险高于老年女性 BRI F2、F4 水平，差异均有统计学意义（P<0.05），见表 6。

3 讨论

MONW 是肥胖的亚组，该表型涉及多种疾病，包括胰岛素抵抗、高血压和血脂异常[17]。MONW 表型在全球不同人群中的患病率为 14.7%~59%。本研究结果显示，安徽省 60 岁及以上老年人群 MONW 表型的患病率为 59.4%，高于浙江省 20 岁及以上人群的 34.1%[3]，该研究结果不一致表明不同地区、年龄段人群 MONW 表型患病率存在一定差异。同时本研究结果显示，无论是男性还是女性，MONW 表型人群中，高血压、糖尿

表 3 男性 BRI 四分位水平不同特征比较
Table 3 Comparison of different characteristics of BRI quartile levels of male

变量	M1（n=2 909）	M2（n=2 925）	M3（n=2 916）	M4（n=2 885）	H 趋势（χ^2 趋势）值	P 值
MONW 表型［例（%）］	1 238（42.6）	1 581（54.1）	1 620（55.6）	1 812（62.8）	225.859a	<0.001
高血压［例（%）］	1 370（47.1）	1 588（54.3）	1 652（56.7）	1 808（62.7）	141.112a	<0.001
糖尿病［例（%）］	323（11.1）	469（16.0）	549（18.8）	605（21.0）	109.291a	<0.001
血脂异常［例（%）］	292（10.0）	494（16.9）	537（18.4）	643（22.3）	151.218a	<0.001
TyG 指数［M（P_{25}，P_{75}）］	8.37（8.13，8.67）	8.51（8.23，8.84）	8.56（8.27，8.91）	8.61（8.30，8.98）	416.835	<0.001
FPG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	5.60（5.10，6.20）	5.70（5.10，6.40）	5.70（5.20，6.50）	5.80（5.20，6.60）	94.081	<0.001
TC［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	4.24（3.69，4.83）	4.32（3.73，4.95）	4.29（3.71，4.94）	4.33（3.72，4.99）	18.022	<0.001
TG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	0.95（0.78，1.23）	1.06（0.82，1.45）	1.10（0.85，1.51）	1.13（0.87，1.61）	338.454	<0.001
HDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.64（1.36，1.95）	1.54（1.28，1.85）	1.48（1.23，1.80）	1.44（1.20，1.75）	276.667	<0.001
LDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	2.12（1.64，2.62）	2.22（1.75，2.77）	2.25（1.75，2.84）	2.28（1.77，2.88）	80.353	<0.001

注：a 表示 χ^2 趋势值。

表 4 女性 BRI 四分位水平不同特征比较
Table 4 Comparison of different characteristics of BRI quartile levels of female

变量	F1（n=3 199）	F2（n=3 182）	F3（n=3 195）	F4（n=3 186）	H 趋势（χ^2 趋势）值	P 值
MONW 表型［例（%）］	1 818（56.8）	2 037（64.0）	2 146（67.2）	2 263（71.0）	146.450a	<0.001
高血压［例（%）］	1 690（52.8）	1 746（54.9）	1 819（56.9）	2 007（63.0）	68.919a	<0.001
糖尿病［例（%）］	535（16.7）	604（19.0）	737（23.1）	824（25.9）	94.932a	<0.001
血脂异常［例（%）］	654（20.4）	799（25.1）	866（27.1）	933（29.3）	68.398a	<0.001
TyG 指数［M（P_{25}，P_{75}）］	8.64（8.37，8.97）	8.75（8.45，9.09）	8.79（8.49，9.17）	8.82（8.51，9.20）	240.992	<0.001
FPG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	5.70（5.20，6.40）	5.72（5.20，6.50）	5.90（5.30，6.70）	5.90（5.30，6.80）	118.218	<0.001
TC［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	4.72（4.07，5.37）	4.78（4.11，5.45）	4.84（4.15，5.48）	4.83（4.13，5.56）	26.657	<0.001
TG［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.22（0.95，1.65）	1.33（1.02，1.83）	1.37（1.05，1.89）	1.41（1.06，1.93）	168.728	<0.001
HDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	1.66（1.38，1.97）	1.58（1.30，1.88）	1.54（1.29，1.85）	1.53（1.27，1.84）	135.043	<0.001
LDL-C［M（P_{25}，P_{75}），mmol/L］	2.46（1.91，3.04）	2.53（2.02，3.15）	2.55（2.03，3.14）	2.54（2.02，3.18）	39.524	<0.001

注：a 表示 χ^2 趋势值。

表 5 不同性别老年人群 BRI 与 TyG 指数相关性的单因素 Logistic 回归分析

Table 5 Univariate Logistic regression analysis of the correlation between BRI and TyG index in older adults of different genders

变量	男性		女性		*Z* 值	*P* 值
	OR（95%*CI*）	*P* 值	OR（95%*CI*）	*P* 值		
BRI（以 M1/F1 水平为参照）						
M2/F2	1.701（1.532，1.888）	<0.001	1.464（1.326，1.617）	<0.001	2.041	0.041
M3/F3	2.022（1.821，2.245）	<0.001	1.680（1.522，1.855）	<0.001	2.522	0.012
M4/F4	2.371（2.133，2.635）	<0.001	1.840（1.666，2.032）	<0.001	3.427	0.001

表 6 不同性别老年人群 BRI 与 MONW 表型相关性的多因素 Logistic 回归分析

Table 6 Multivariate Logistic regression analysis of the correlation between BRI and MONW phenotype in older adults of different genders

变量	男性		女性		*Z* 值	*P* 值
	OR（95%*CI*）	*P* 值	OR（95%*CI*）	*P* 值		
模型 1						
BRI（以 M1/F1 水平为参照）						
M2/F2	1.588（1.432，1.761）	<0.001	1.351（1.222，1.495）	<0.001	2.194	0.028
M3/F3	1.687（1.521，1.871）	<0.001	1.554（1.404，1.720）	<0.001	1.110	0.267
M4/F4	2.279（2.051，2.533）	<0.001	1.862（1.679，2.066）	<0.001	2.677	0.007
模型 2						
BRI（以 M1/F1 水平为参照）						
M2/F2	1.574（1.419，1.746）	<0.001	1.346（1.217，1.489）	<0.001	2.120	0.034
M3/F3	1.661（1.497，1.843）	<0.001	1.536（1.387，1.701）	<0.001	1.053	0.292
M4/F4	2.233（2.009，2.483）	<0.001	1.820（1.640，2.021）	<0.001	2.695	0.007

注：模型 1 未调整混杂因素，模型 2 调整了年龄、文化程度、吸烟和饮酒。

病以及血脂异常的患病率均明显高于 MHNW 人群，这与 WILDMAN 等[5]的研究结果一致。提示应该早期识别 MONW 人群，为 MONW 人群的筛查和防治提供有力工具。

BMI 可能不是判断人类肥胖的最优指标，因为其不能反映内脏脂肪，也不能区分肌肉和脂肪组织[18]。亚洲人在相似的 BMI 水平上有更多的内脏脂肪，比其他种族更容易患腹型肥胖[19]。BRI 是能够预测体脂百分比和内脏脂肪组织百分比的一种新型评估指标[10]。有研究显示，BRI 对于预测代谢性疾病的风险具有重要价值[20-21]。本研究结果显示，分别在男性和女性中，随着 BRI 水平增高，高血压、糖尿病、血脂异常患病率随之升高，这与 HWANG 等[17]的研究结果一致。因此，可以通过降低 BRI 来控制高血压、糖尿病、血脂异常等代谢性疾病的发生、发展。

BRI 在评估不同性别人群罹患代谢性疾病风险方面具有一定优势，其性别区分力高于 BMI 和腰围[22]。本研究以老年人群为研究对象，在男性和女性中，随着 BRI 水平升高，MONW 表型患病率升高。通过 Logistic 回归分析，在调整各项混杂因素后，与低水平 BRI 相比，高水平 BRI 男性与女性 MONW 表型患病风险均增加，且随着 BRI 水平的升高，MONW 表型的患病风险也逐渐升高。老年男性 BRI M4 组 MONW 表型的患病风险较 M1 组增加了 123.3%，老年女性 F4 组 MONW 表型的患病风险较 F1 组增加 82.0%，提示老年男性 BRI 与 MONW 表型患病风险的相关性高于老年女性。

既往研究显示，TyG 指数是胰岛素抵抗的标志，在新发 2 型糖尿病和心血管疾病方面具有预测价值，且高水平 TyG 指数的肥胖男性更易发生心血管疾病高危风险[23-26]。本研究结果显示，不同性别 MONW 表型 TyG 指数均高于 MHNW 表型，提示 MONW 表型的胰岛素抵抗程度高于 MHNW 表型。LI 等[27]的研究结果显示 BRI 与代谢综合征、胰岛素抵抗、炎症因子相关，在肥胖和超重人群中显示出识别胰岛素抵抗的最佳能力。MONW 人群虽 BMI 正常，但其腹部脂肪含量也可能过量堆积，导致 BRI 升高产生胰岛素抵抗。本研究结果显示，BRI 与胰岛素抵抗相关，随着 BRI 的增大，发生胰岛素抵抗的风险越大。与低水平 BRI 相比，高水平 BRI 男性与女性 TyG 指数升高风险均增加，且随着 BRI 水平的升高，TyG 指数升高风险也逐渐增加，老年男性 TyG 指数升高风险高于老年女性。因此，TyG 指数可能是 BRI 与 MONW 表型关系在不同性别中存在差异的潜在因素。男性对胰岛素的敏感度比女性低，导致男性增加皮下脂肪储存的能力不如女性[28-29]。徐世燚等[30]的研究显示不同性别人群腹内脂肪堆积量不同，男性的腹内脂肪含量高于女性；因此，随着脂肪的增加，多余

的脂肪更有可能储存在皮下层以外的地方导致心血管疾病的患病风险增加。其次，雌激素的分泌会明显改善胰岛素敏感性，而代谢紊乱的发生、发展同样受雌激素的影响，因此老年女性雌激素水平降低所导致的胰岛素抵抗是增加其发生代谢紊乱的重要因素[31]。

本研究数据样本量大，针对性较强，对不同性别的老年人群进行分析，探讨了 MONW 表型的患病风险以及影响因素，为 BRI 转化为更精确的筛查指标提供了强有力的理论依据。该研究探讨了 TyG 指数作为 BRI 与 MONW 表型患病在不同性别中存在差异的潜在因素，为 BRI 与 MONW 表型的关系提供了更加细致的依据。本研究的局限性：由于是横断面研究，无法说明 BRI 与 MONW 表型患病的因果关系。其次，本研究探讨范围仅限于安徽省老年人群，因此，应谨慎将研究结果应用到不同地区不同年龄段人群。

综上所述，在不同性别老年人群中，BRI 水平与 MONW 表型患病风险呈显著正相关，其中，老年男性高水平 BRI 与 MONW 表型的患病风险关联更为密切，TyG 指数是引起其性别差异的潜在因素。因此，降低 BRI 水平，减小 TyG 指数对老年男性患 MONW 表型具有更重要意义。

作者贡献：傅方琳提出总体研究目标，负责研究方法的设计、数据的分析，撰写论文；潘姚佳、韩正进行论文的修订；孙梦、顾怀聪负责数据的收集、录入；王为强负责论文终稿的质量控制，内容的批判性审查。

本文无利益冲突。

傅方琳：https://orcid.org/0009-0004-1205-1929

王为强：https://orcid.org/0000-0002-1954-9461

参考文献

[1] 韩琳，曹冰，王欣，等．中国中老年人高血压与中心性肥胖对糖尿病患病的交互作用[J]. 中国慢性病预防与控制，2023，31(3)：165-169. DOI：10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2023.03.002.

[2] CHAUDHARY G M D，TAMEEZ UD DIN A，CHAUDHARY F M D，et al. Association of obesity indicators with hypertension in type 2 diabetes mellitus patients [J]. Cureus，2019，11(7)：e5050. DOI：10.7759/cureus.5050.

[3] ZHENG Q Q，LIN W H，LIU C G，et al. Prevalence and epidemiological determinants of metabolically obese but normal-weight in Chinese population[J]. BMC Public Health，2020，20(1)：487. DOI：10.1186/s12889-020-08630-8.

[4] FERREIRA F G，JUVANHOL L L，DA SILVA D C G，et al. Visceral adiposity index is a better predictor of unhealthy metabolic phenotype than traditional adiposity measures：results from a population-based study [J]. Public Health Nutr，2019，22(9)：1545-1554. DOI：10.1017/S136898001800335X.

[5] WILDMAN R P，MUNTNER P，REYNOLDS K，et al. The obese without cardiometabolic risk factor clustering and the normal weight with cardiometabolic risk factor clustering：prevalence and correlates of 2 phenotypes among the US population (NHANES 1999-2004) [J]. Arch Intern Med，2008，168(15)：1617-1624. DOI：10.1001/archinte.168.15.1617.

[6] BUSCEMI S，CHIARELLO P，BUSCEMI C，et al. Characterization of metabolically healthy obese people and metabolically unhealthy normal-weight people in a general population cohort of the ABCD study [J]. J Diabetes Res，2017，2017：9294038. DOI：10.1155/2017/9294038.

[7] XU X Y，BHAGAVATHULA A S，ZHANG Y，et al. Sex differences in the TyG index and cardiovascular risk factors in metabolically obese normal weight phenotype [J]. Int J Endocrinol，2022，2022：1139045. DOI：10.1155/2022/1139045.

[8] WU L L，PU H L，ZHANG M，et al. Non-linear relationship between the body roundness index and incident type 2 diabetes in Japan：a secondary retrospective analysis [J]. J Transl Med，2022，20(1)：110. DOI：10.1186/s12967-022-03321-x.

[9] WANG J N，WU M Y，WU S L，et al. Relationship between body roundness index and the risk of heart failure in Chinese adults：the Kailuan cohort study [J]. ESC Heart Fail，2022，9(2)：1328-1337. DOI：10.1002/ehf2.13820.

[10] THOMAS D M，BREDLAU C，BOSY-WESTPHAL A，et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model [J]. Obesity，2013，21(11)：2264-2271. DOI：10.1002/oby.20408.

[11] 中国肥胖问题工作组．中国成人超重和肥胖症预防与控制指南（节录）[J]. 营养学报，2004，26(1)：1-4. DOI：10.3321/j.issn:0512-7955.2004.01.001.

[12] STEFAN N，SCHICK F，HÄRING H U. Causes，characteristics，and consequences of metabolically unhealthy normal weight in humans [J]. Cell Metab，2017，26(2)：292-300. DOI：10.1016/j.cmet.2017.07.008.

[13] 中国高血压防治指南修订委员会，高血压联盟（中国，中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会，等．中国高血压防治指南（2018 年修订版）[J]. 中国心血管杂志，2019，24(1)：24-56. DOI：10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.002.

[14]《中国老年型糖尿病防治临床指南》编写组．中国老年 2 型糖尿病防治临床指南（2022 年版）[J]. 中国糖尿病杂志，2022，30(1)：2-51. DOI：10.3969/j.issn.1006-6187.2022.01.002.

[15] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会．中国成人血脂异常防治指南（2016 年修订版）[J]. 中国循环杂志，2016，31(10)：937-950. DOI：10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.

[16] SIMENTAL-MENDÍA L E，RODRÍGUEZ-MORÁN M，GUERRERO-ROMERO F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects [J]. Metab Syndr Relat Disord，2008，6(4)：299-304. DOI：10.1089/met.2008.0034.

[17] HWANG H R，JEONG D W，KIM Y J，et al. Comparison of insulin resistance and metabolic syndrome criteria in metabolically obese，normal weight (MONW) individuals in the prediction of cardiovascular disease risk：analysis of the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) in 2010 -



2012［J］. Int J Diabetes Dev Countr，2018，38（1）：88-94. DOI：10.1007/s13410-016-0543-0.

［18］TSUJIMOTO T，KAJIO H. Abdominal obesity is associated with an increased risk of all-cause mortality in patients with HFpEF［J］. J Am Coll Cardiol，2017，70（22）：2739-2749. DOI：10.1016/j.jacc.2017.09.1111.

［19］LIM U，ERNST T，BUCHTHAL S D，et al. Asian women have greater abdominal and visceral adiposity than Caucasian women with similar body mass index［J］. Nutr Diabetes，2011，1（5）：e6. DOI：10.1038/nutd.2011.2.

［20］STEFANESCU A，REVILLA L，LOPEZ T，et al. Using a body shape index（absi）and body roundness index（bri）to predict risk of metabolic syndrome in Peruvian adults［J］. J Int Med Res，2020，48（1）：300060519848854. DOI：10.1177/0300060519848854.

［21］UZDIL Z，KAYA S D，KAYA P S，et al. The effectiveness of new adiposity indices on plasma lipid profile in patients with multiple sclerosis：a cross-sectional study with a body shape index，body roundness index，and visceral adiposity index［J］. Mult Scler Relat Disord，2020，43：102214. DOI：10.1016/j.msard.2020.102214.

［22］ZHAO W，TONG J J，LI J H，et al. Relationship between body roundness index and risk of type 2 diabetes in Japanese men and women：a reanalysis of a cohort study［J］. Int J Endocrinol，2021，2021：4535983. DOI：10.1155/2021/4535983.

［23］潘姚佳，王为强，易伟卓，等. 不同性别中年肥胖居民三酰甘油葡萄糖乘积指数与心血管疾病高危风险的关系研究［J］. 中国全科医学，2023，26（29）：3628-3635. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0891.

［24］ALIZARGAR J，BAI C H，HSIEH N C，et al. Use of the triglyceride-glucose index（TyG）in cardiovascular disease patients［J］. Cardiovasc Diabetol，2020，19（1）：8. DOI：10.1186/s12933-019-0982-2.

［25］MORALES-GURROLA G，SIMENTAL-MENDÍA L E，CASTELLANOS-JUÁREZ F X，et al. The triglycerides and glucose index is associated with cardiovascular risk factors in metabolically obese normal-weight subjects［J］. J Endocrinol Invest，2020，43（7）：995-1000. DOI：10.1007/s40618-020-01184-x.

［26］SÁNCHEZ-ÍÑIGO L，NAVARRO-GONZÁLEZ D，FERNÁNDEZ-MONTERO A，et al. The TyG index may predict the development of cardiovascular events［J］. Eur J Clin Invest，2016，46（2）：189-197. DOI：10.1111/eci.12583.

［27］LI G，WU H K，WU X W，et al. The feasibility of two anthropometric indices to identify metabolic syndrome，insulin resistance and inflammatory factors in obese and overweight adults［J］. Nutrition，2019，57：194-201. DOI：10.1016/j.nut.2018.05.004.

［28］CHOO J，JEON S，LEE J. Gender differences in health-related quality of life associated with abdominal obesity in a Korean population［J］. BMJ Open，2014，4（1）：e003954. DOI：10.1136/bmjopen-2013-003954.

［29］SATTAR N. Gender aspects in type 2 diabetes mellitus and cardiometabolic risk［J］. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab，2013，27（4）：501-507. DOI：10.1016/j.beem.2013.05.006.

［30］徐世燚，王学梅，张茜，等. 不同性别代谢综合征患者腹内脂肪厚度与其他患病因素的关系［J］. 中国医科大学学报，2018，47（1）：58-61，66. DOI：10.12007/j.issn.02584646.2018.01.013.

［31］周寿红，胡弼. 雌激素与胰岛素抵抗及代谢综合征的关系［J］. 国外医学（内分泌学分册），2005，25（3）：198-200. DOI：10.3760/cma.j.issn.1673-4157.2005.03.024.

（收稿日期：2024-03-06；修回日期：2024-05-04）
（本文编辑：康艳辉）